

## 젖소 경산우와 미경산우의 발정 행동과 배란 시간의 비교

손준규 · 박수봉<sup>†</sup> · 박성재 · 백광수 · 이명식<sup>1</sup> · 안병석 · 김현섭 · 박춘근<sup>2</sup>  
농촌진흥청 축산과학원 낙농과

### Comparison of Estrous Behavior and Ovulation Time in Dairy Cows and Heifers

J. K. Son, S. B. Park<sup>†</sup>, S. J. Park, K. S. Baek, M. S. Lee<sup>1</sup>, B. S. Ahn, H. S. Kim and C. K. Park<sup>2</sup>

Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, R.D.A.

#### SUMMARY

The objective of this study was to investigate the characteristics of various estrous behavior and ovulation time in dairy cows and heifers. In total, 73 ovulations and 61 estrous detection were observed in 89 Holstein cows. Various estrous behavior were observed during 72 hours from two days after PGF<sub>2α</sub> injection and their relation with the time of ovulation(ultrasound examinations at 4-h intervals) was investigated. In estrous periods, the rate of sniffing, chin resting, mounting and standing heat was 81%, 78%, 78% and 56%, respectively in cows. In heifers, the rate of sniffing, chin resting, mounting and standing heat was 61%, 68%, 82% and 76%, respectively. Ovulation in cows and heifers occurred 25.58±7.94 and 25.55±5.72h after onset of estrus, and 13.42±7.14 and 7.48±7.41h after end of estrus, respectively. Interval between onset of estrus and ovulation time was significantly ( $p<0.05$ ) shorter for standing heat (17.33±5.83 h) than for mounting, sniffing and chin resting (23.58±5.12 h, 24.25±6.09 h, 23.42±6.04 h) in cows but not significantly different in heifers. Interval between end of standing heat and ovulation time was significantly ( $p<0.05$ ) shorter for heifer(6.38±4.80) than for cows(13.05±4.53). Our results show that characteristics of estrous behavior and ovulation in dairy heifers are different to that of cows.

(Key words : Holstein cows, heifer, ovulation time, estrous behavior)

#### 서론

지난 수십년간 젖소의 산유 능력과 관리 기술의 개선에 의해 두당 산유량은 급격히 증가해 왔지만 번식 효율은 지속적으로 저하되었다(Lucy, 2001; Roche 등, 2000). 젖소의 고능력화에 동반하여 분만 후 발정 재귀의 지연, 발정 발현의 이상, 수태율의 지속적 저하 등이 일반적 현상으로 등장하고 있다(Wiltbank 등, 2006). 경제적으로 이상적인 12개월의 분만간격을 얻기 위해서는 높은 발정 발견율, 합리적인 분만 후 첫 수정일수의 유지와 높은 수태율이 전제되어야 하며(Pelssier, 1976), 수태율을 높이기 위해서는 배란 시간을 예측하여 수정 적기를 판단해야 한다.

발정 지속 시간의 단축으로 배란 시간을 예측하기가 어려워졌으며(Kaim 등, 2003), 이로 인해 수정 적기에 인공수정을 실시할 수 없어 수태율 저하의 원인으로 부각되고 있다. 또한 수태율을 높이기 위해 무엇보다 우선시되는 것이 적기에 발

정을 발견하는 것으로 발정 발견은 일반적으로 젖소의 발정 행동을 보고 판단된다. 발정 행동으로는 외음부 냄새 맡기, 티비빔, 승가 및 승가 허용 행위 등이 있으나(Van Eerdenburg 등, 1996). 이러한 발정 행동 징후들로 배란 시점을 예측하는 것은 과거에 생각했던 것보다 매우 많은 변화가 있는 것으로 보고되어지고 있다(Kaim 등, 2003; Walker 등, 1996). 일반적으로 승가 허용은 발정 단계에서의 확실한 발정 징후로 인식하고 있지만, 모든 소에서 승가 허용을 보이는 것은 아니다(Kerbrat과 Disenhaus, 2004; Pennington 등, 1986; Hall 등, 1959). 이러한 발정 발현과 관련된 생리적 변화는 세계적 수준의 기량을 달성한 국내 낙농가에서도 마찬가지로 일어나고 있음을 확인하였다(손 등, 2007). 이와 같이 승가 허용을 나타내는 젖소의 비율이 점차 감소하고 있는 상황에서 발정 징후의 약화와 발정 지속 시간의 단축은 발정 발견의 실패는 물론 적기 수정을 실시하지 못하기 때문에 결과적으로 수태율의 저하를 초래한다. 그러나 젖소의 고능력화에 동반하여 경산우와 미

<sup>1</sup> 농촌진흥청 축산과학원 한우시험장(Hanwoo Experiment Station, National Institute of Animal Science, RDA)

<sup>2</sup> 강원대학교 동물생명과학대학 동물생명공학과(Department of Animal Biotechnology, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University)

<sup>†</sup> Correspondence : E-mail : psb292@rda.go.kr

찬가지로 미경산의 발정 발현 특성이 변화되었는지 알아보는 것도 상당히 흥미로운 일이며, 아직 국내의 젖소에서는 검토되지 않았다. 일반적으로 착유 스트레스, 에너지 부족과 같은 외부적 요인이 경산우에 비해 적기 때문에 정상적인 발정 지속 시간과 발정 징후를 나타낼 것으로 기대된다.

본 연구는 경산우와 미경산우의 발정 발현율, 발정 강도, 발정 지속 시간, 발정 발현과 배란과의 관계 등을 비교하여 수정 적기 및 배란 시간을 예측하기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시우

본 연구의 자료는 축산과학원 축산자원개발부 낙농과에서 2006년까지 분만한 젖소 경산우와 미경산우 89두로서, 분만 후 공태 기간이 40~80일 된 경산우 51두와 14개월 이상 성우 편입된 미경산우 38두에서 얻어졌다. 모든 공시 젖소는 후리스틀에서 사육되어졌다. 실험 전 기간 동안 한국표준사양관리 방법에 준하여 TMR 사료를 급여하여 사육하였다. 공시된 젖소 경산우는 매일 두 번씩(06:00와 17:00 h)착유하였다.

### 2. 발정 동기화 및 발정 관찰

배란 동기화법(Pursley 등, 1995)을 기초로 한 S-Ovsynch법을 이용하여 발정을 동기화 시켰다. 발정의 유도는 GnRH 100 µg을 대퇴부에 1차 근육 주사 후 7일째에 PGF<sub>2α</sub>(Lutalyse™, Phamacia Co., Belgium) 25 mg을 근육 주사 한 후 2일째부터 72시간 동안 연속적으로 육안 관찰을 통하여 발정 행동(승가, 승가 허용, 턱 비빔, 외음부 냄새 맡기)의 반복수를 기록하였다.

### 3. 초음파 검사

젖소의 초음파 검사는 Multifrequency Linear array endorectal probe가 장착된 초음파 측정기(Tringga Linear, Pie Medical Co., Ltd. Netherlands)를 사용하여 측정하였다. 초음파 검사 방법은 Edmondson 등(1986)의 방법에 준하여 직장으로부터 분변을 제거한 후 탐촉자로 난소를 scanning 하여 황체 및 난포의 유무를 판정하였다. 발정이 개시된 개체는 개시 후 2시간

째부터 4시간 간격으로 배란 확인 시 까지 측정하였으며, 발정 행동을 보이지 않은 개체는 발정 관찰 40~48시간째 발정 유기를 확인하여 유기된 개체에 대해서는 배란 시까지 동일한 방법으로 측정하였다.

### 4. 통계 분석

젖소 경산우, 미경산우의 다양한 발정 행동 징후와 배란 시간과의 유의성 분석은 SAS program의 Chi-square를 이용하였고  $p < 0.05$  이하의 경우 유의한 것으로 판단하였다.

## 결과 및 고찰

젖소 경산우와 미경산우의 발정 행동별 반복수와 발정 발현율은 Table 1에 나타내었다. 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔, 승가 및 승가 허용 행위의 발정 행동별 발정 발현율은 외음부 냄새맡기에서는 경산우(81.3%)가 미경산우(60.5%)에 비해 높은 발현율을 보였으나, 승가 허용에서는 경산우(56.3%)가 미경산우(76.3%)에 매우 낮은 발정 발현율을 보였다. Rorie 등(2002)의 보고에 의하면 미경산우는 100%가 승가 허용을 한다고 보고하였으나, 본 연구에서는 미경산우 승가 허용 비율이 76.3%로 다소 낮은 경향을 보였다. 발정 행동별 반복수에서는 외음부 냄새 맡기와 턱비빔에서는 큰 차이를 보이지 않았으나, 승가와 승가 허용에서는 미경산우(42.0회, 30.8회)가 경산우(16.2회, 10.7회)에 비해 매우 많은 반복수를 보였다.

Table 2는 경산우와 미경산우의 발정 행동별 지속 시간을 나타내었다. 그 결과, 다양한 발정 행동에 있어 행동별 지속 시간은 외음부 냄새 맡기와 턱 비빔에서는 경산우와 미경산우 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 승가에서는 미경산우(16.9±8.0)가 경산우(8.7±4.4)에 비해 지속 시간이 길었으나 유의적인 차이는 나지 않았다. 반면, 승가 허용에서는 미경산우(15.0±7.2)가 경산우(5.4±3.4)에 비해 유의적으로( $p < 0.05$ ) 길게 나타났다. 발정 지속 시간이 점차 짧아짐으로써 배란 시간을 예측하여 수정 적기를 판단하기가 매우 어려운 실정이다(Kaim 등, 2003). 미경산우의 경우, 발정 지속 시간이 평균 16.9시간으로 Trimberger (1984)가 보고한 17.8시간과 유사한 경향을 나타

Table 1. Comparison of estrous behavior patterns and the estrous expression rate in cows and heifers

Behavioral estrous sign	Number of repeat			Estrous expression rate	
	Cows	Heifers	Average	Cows	Heifers
Sniffing ( $n=49$ )	16.2	7.2	12.4	81.3 (26/32)	60.5 (23/38)
Chin resting ( $n=51$ )	11.2	7.3	9.6	78.1 (25/32)	68.4 (26/38)
Mounting ( $n=56$ )	16.2	42.0	31.0	78.1 (25/32)	81.6 (31/38)
Standing hea ( $n=47$ )	10.7	30.8	23.7	56.3 (18/32)	76.3 (29/38)

Table 2. Duration of different behavioral estrous signs for cows and heifers

Behavioral estrous sign	Duration(h)		Average
	Cows	Heifers	
Sniffing (n=46)	9.7±5.2	14.4±6.2	12.0±6.2
Chin resting (n=49)	8.7±5.4	11.5±6.7	10.2±6.2
Mounting (n=55)	8.7±4.4	16.9±8.0	12.5±7.4
Standing heat (n=47)	5.4±3.4 <sup>a</sup>	15.0±7.2 <sup>b</sup>	10.5±7.5

<sup>a,b</sup> Different superscripts in the same low are significantly different ( $p < 0.05$ ).

냈으며, 경산우의 경우, 발정 지속 시간이 평균 8.7시간으로 근래 젖소의 발정 지속 시간이 실질적으로 짧아져 평균 10시간 이하라고 보고(At-Taras과 Spahr, 2001; Dransfield 등, 1998; Xu 등, 1998)한 연구들과 유사한 경향을 나타냈다. 이렇듯 미경산우가 경산우에 비해 승가 허용 지속 시간이 긴 이유는 여러 가지 생리적인 요인이 있겠지만, 착유를 하는 경산우에 비해 미경산우가 스트레스에 덜 받는 것에도 기인한다고 생각된다.

Fig. 1은 경산우와 미경산우의 발정의 주요 지표인 승가 허용의 지속 시간만 분포도로 나타내었다. 경산우(n=18)는 승가 허용 지속 시간이 평균 5.4±3.4로 94.4%(17/18)가 10시간 이하의 승가 허용 지속 시간을 보였고, 미경산우(n=29)는 평균 15.0±7.2시간으로 69.0%(20/29)가 10시간 이상으로 미경산우가 경산우보다 매우 긴 지속 시간을 보였다. 최근 발정 지속 시간에 관한 보고(Stevenson 등, 1998; Aoyagi 등, 2003)에 의하면 본 연구 결과와 같이 미경산우가 경산우에 비해 길게 나타났다. 그러나 Yoshida와 Nakao(2005)의 보고에서는 경산우와 미경산우의 승가 허용 지속 시간에서 차이가 없었다고 보고하였다. 그럼에도 불구하고 경산우의 경우, 평균 승가 허용 지속 시간



Fig. 1. Distribution of cows and heifers according to duration of standing estrus.

이 6.2±3.9시간이라는 결과는 본 연구와 유사하게 나타났다. 이러한 차이에 대한 분명한 이해는 본 연구의 결과에 의해 추론하기 어렵다.

경산우와 미경산우의 발정 행동별 발정 개시 및 종료 후 배란까지의 평균 시간을 Table 3에 나타냈다. 발정 개시부터 배란까지의 시간에서 경산우와 미경산우 간의 차이는 모든 발정 행동에서 비슷한 시점에서 개시하였다. 발정 개시 후 배란까지의 시간에서 미경산우에서는 외음부 냄새 맡기(22.50±5.59), 턱 비빔(21.15±4.43), 승가(23.44±5.65) 및 승가 허용(19.34±5.96) 간에 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 경산우에서는 승가 허용(17.33±5.83)이 승가(23.58±5.12), 외음부 냄새 맡기(24.25±6.09) 및 턱 비빔(23.42±6.04)의 발정 행동보다 발정 개시 후 배란까지의 시간에서 유의적으로( $p < 0.05$ ) 짧게 나타났으며, 승가, 외음부 냄새 맡기 및 턱 비빔의 발정 행동 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 발정 종료 후 배란까지의 시간은 발정행동별로는 경산우, 미경산우 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면, 경산우와 미경산우의 비교에서는 발정 종료 후 배란까지의 시간에서 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔, 승가에서는 미경산우가 경산우에 비해 대체적으로 짧게 나타났으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 승가 허용에서는 미경산우가 경산우에 비해 유의적으로( $p < 0.05$ ) 짧게 나타났다. 이러한 결과, 발정 개시 후 배란까지의 시간에서 경산우는 승가 허용이

Table 3. Interval between the onset and end of estrus sign and ovulation time(h) for different behavioral estrous signs

Behavioral estrous sign		Interval	
		Cows	Heifers
All signs	Start	25.58±7.94	25.55±5.72
	End	13.42±7.14	7.48±7.40
Sniffing	Start	24.25±6.09	22.50±5.59
	End	14.79±7.05	10.72±7.61
Chin resting	Start	23.42±6.04	21.15±4.43
	End	14.79±7.14	10.54±6.77
Mounting	Start	23.58±5.12	23.44±5.65
	End	15.00±7.28	8.34±7.56
Standing heat	Start	17.33±5.83 <sup>*</sup>	19.34±5.96
	End	13.05±4.53 <sup>b</sup>	6.38±4.80 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Different superscripts in the same low are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*</sup> Different letters mean that the difference in onset of expressing the behavioral estrous sign (hour before ovulation) was significant ( $p < 0.05$ ) at an animal.

다른 연구(Kaim 등 2003 ; Lopez 등 2002)에 비해 약 10여 시간 이상 짧은 것으로 나타났으며, 미경산우에서는 비슷한 경향을 보였다.

Table 4는 발정 행동 징후별 발정 개시와 종료부터 배란 시

Table 4. Interval between the onset and end of estrus sign and ovulation time (h) for different distribution

Behavioral estrous sign	Distribution of interval												
	37	34	31	28	25	22	19	16	13	10	7	4	1
Number of cows													
All signs													
Start	2	2	5	3	3	2	3	2	1	0	1	0	0
End	0	0	0	1	1	2	2	5	1	5	4	0	3
Mounting													
Start	1	0	1	6	3	3	7	2	1	0	0	0	0
End	0	0	0	2	2	2	2	4	2	6	1	2	1
Standing heat													
Start	0	0	0	2	1	3	4	2	4	4	1	0	0
End	0	0	0	0	0	1	2	5	4	5	3	0	1
Sniffing													
Start	1	1	2	7	3	1	5	3	1	0	0	0	0
End	0	0	0	1	1	3	4	4	2	6	0	1	2
Chin resting													
Start	0	1	2	5	4	4	4	1	2	1	0	0	0
End	0	0	0	1	2	2	3	4	2	6	2	0	2
Number of Heifers													
All signs													
Start	2	3	2	2	7	6	4	1	0	0	0	0	0
End	0	0	1	0	0	0	2	1	2	1	3	8	9
Mounting													
Start	1	2	2	1	3	10	6	3	1	0	0	0	0
End	0	0	1	0	0	1	1	1	3	2	6	5	9
Standing heat													
Start	1	0	0	2	0	6	9	4	3	3	1	0	0
End	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	11	10
Sniffing													
Start	0	1	1	3	4	5	4	6	0	1	0	0	0
End	0	1	0	0	1	1	2	2	4	6	8	0	0
Chin resting													
Start	0	0	1	0	5	6	7	5	1	1	0	0	0
End	0	0	0	0	0	0	3	6	1	3	3	6	4

간까지의 간격 분포를 나타낸 것으로서 발정 개시 후 배란까지는 경산우의 경우 배란 전 7~37시간 사이였으며, 발정 종료 후 배란까지는 배란 전 1~28시간 사이였다. 미경산우는 발정 개시 후 배란까지의 분포는 16~37시간이었으며, 종료 후 배란까지의 분포는 1~31시간이었다. 본 연구의 결과 나타난 발정 개시 및 종료 후 배란까지의 간격은 발정 개시 후 배란 전까지 18.5~48.5시간 및 발정 종료 후 배란 전까지 9.5~33.5시간이라는 Roelofs 등(2005)의 보고보다 경산우의 경우 최단 시간과 최장 시간의 발정 지속 시간의 차이가 약 10시간이 짧은 경향을 나타냈다. 이렇듯 발정이 발현된 개체 사이에서는 개체마다 변이가 크기 때문에 발정 개시 또는 발정 종료 시로부터 배란 시간을 예측하는 것은 매우 어려운 일이다.

본 연구 결과, 경산우의 경우 발정 행동별 배란 전 발정 개시는 증가, 증가 허용, 외음부 냄새 맡기 및 턱 비빔은 16~28시간(88%), 10~22시간(81%), 16~28시간(79%) 및 19~31시간(79%) 사이에서 각각 개시하였으며, 이 중 증가 개시부터 배란까지 88%가 12시간 내에 일어났으며, 미경산우의 경우에서도 비슷한 경향을 나타냈다. 이는 12시간(21.5~33.5시간) 간격 내에 80% 이상이 증가를 한 것으로 나타났다고 보고한 Roelofs 등(2005)의 결과와 비슷하게 나타났지만, 본 연구에 있어서 배란 전 증가 개시 시간이 약 5시간 정도 빠른 것으로 나타났다. 한편, 발정 종료 후 배란까지의 시간에서는 경산우가 증가, 증가 허용, 외음부 냄새 맡기 및 턱 비빔에서 각각 10~22시간(66%), 7~19시간(90%), 10~22시간(79%) 및 10~22시간(71%) 사이에서 종료되었다. 반면, 미경산우는 발정 종료 후 배란까지의 시간 분포가 증가 1~13시간(86%)이고, 증가 허용이 1~13시간(93%)으로 매우 짧아지는 것으로 나타났다. 이는 Roelofs 등(2005)의 보고(15.5~27.5)보다 10시간 이상의 차이를 보였다. 초산우가 2산 이상우보다 발정 지속 시간이 다소 길게 나타났다는 보고(Van Eerdenburg 등 1996)나 초산우와 2산 이상우 사이에서는 발정 지속 시간이 차이가 없거나, 초산우보다 2산 이상우가 발정 지속 시간이 더 짧았다(Lyimo 등 2000; Walker 1996)는 보고 등은 많이 연구되어지고 있으나, 경산우와 미경산우의 발정 지속 시간에 대해서는 보고되어진 바가 미흡한 상태이다. 연구의 결과에 따르면 발정 행동의 빈도, 발현율과 지속 시간, 발정의 개시 및 종료에서 배란까지의 시간 등에서 경산우와 미경산우는 분명한 차이를 보여준다.

적 요

본 연구는 젖소 경산우와 미경산우의 다양한 발정 행동 특성 배란 시간을 조사하기 위해 수행되었다. 공시된 89두 중 73두에서 배란이 일어났으며, 이 중 61두에서 발정 발현이 나타났다. 다양한 발정 행동은 PGF<sub>2a</sub> 투여 후 2일째부터 72시

간 동안 육안 관찰하였으며, 배란 시간(4시간 간격으로 초음파 시험)과의 관계를 각각 조사하였다. 경산우의 발정 발현율은 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔, 승가 및 승가 허용에서 각각 81%, 78%, 78% 및 56%로 나타났으며, 미경산우에서는 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔, 승가 및 승가 허용은 각각 61%, 68%, 82% 및 76%를 보였다. 젖소 경산우와 미경산우에서 발정 개시 후 배란까지의 평균  $25.58 \pm 7.94$ 와  $25.55 \pm 5.72$ 시간이었으며, 발정 종료 후 배란까지는 평균  $13.42 \pm 7.14$ 와  $7.48 \pm 7.4$ 시간이었다. 경산우의 발정 개시 후 배란까지의 시간에서는 승가 허용( $17.33 \pm 5.83$ 시간)이 승가, 외음부 냄새 맡기, 턱 비빔( $23.58 \pm 5.12$ 시간,  $24.25 \pm 6.09$ 시간,  $23.42 \pm 6.04$ 시간)보다 유의적으로( $p < 0.05$ ) 짧게 나타났으며, 미경산우에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 승가 허용 종료에서 배란까지의 시간에서는 미경산우( $6.38 \pm 4.80$ )가 경산우( $13.05 \pm 4.53$ )에 비해 유의적으로( $p < 0.05$ ) 짧게 나타났다. 본 연구 결과에 의해 우유 생산에 관련한 생리적인 변화가 젖소 발정행동과 배란 특성의 변화의 주요 요인일 수 있다고 사료된다.

### 참고문헌

- Aoyagi Y, Sakai S, Ideta A, Konishi M, Taketomi T, Iwasa S, Okamoto Y and Urakawa M. 2003. Frequency and duration of standing activities in heifers and their relationship with conception rate after embryo transfer. 2003 Annual Meeting of Hokkaido Embryo Transfer Association, Sapporo, Japan.
- At-Taras EE and Spahr SL. 2001. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heat mount detector and an electronic activity tag. *J. Dairy Sci.*, 84: 792-798.
- Dransfield MBG, Nebel RL, Pearson RE and Warnick L. 1998. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *J. Dairy Sci.*, 81:1874-1882.
- Edmondson AJ, Fissore RA, Rashen RL and Bondurant RH. 1986. The use of ultrasonography for the pathological ovarian structure. *Anim. Reprod. Sci.*, 2:157-165.
- Hall JG, Branton C and Stone EJ. 1959. Estrus, estrous cycles, ovulation time, time of service and fertility of dairy cattle in Louisiana. *J. Dairy Sci.*, 42:1086-1093.
- Kaim M, Bloch A, Wolfenson D, Braw Tal R, Rosenberg M and Voet H. 2003. Effects of GnRH administered to cows at the estrus on timing of ovulation, endocrine responses and conception. *J. Dairy Sci.*, 86:2012-2021.
- Kerbrat S and Disenhaus C. 2004. A proportions for an updated behavioral characterization of the oestrus period in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 87:223-238.
- Lopez H, Bunch TD and Shipka MP. 2002. Estrogen concentrations in milk at estrus and ovulation in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 72:1-2.
- Lucy MC. 2001. Reproductive loss in highproducing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.*, 84:1277-1293.
- Lyimo ZC, Nielen M, Ouweltjes W, Kruij TA and Van Eerdenburg FJ. 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, 53:1783-1795.
- Pelssier CL. 1976. Dairy cattle breeding problems and their consequences. *Theriogenology*, 6:575-583.
- Pennington JA, Algright JL and Callahan CJ. 1986. Relationship of sexual activities in estrous cows to different frequencies of observation and pedometer measurements. *J. Dairy Sci.*, 69:2925-2934.
- Pursley JR, Mee MO and Wiltbank MC. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF<sub>2α</sub> and GnRH. *Theriogenology*, 44:915-923.
- Roche JF, Mackey D and Diskin MD. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 60: 703-712.
- Roelofs JB, Van Eerdenburg FJCM, Soede NM and Kemp B. 2005. Various behavioral sign of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 63:1366-1377.
- Rorie RW, Bilby TR and Lester TD. 2002. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology*, 57:137-148.
- Steverson JS, Lamb GC, Kobayashi Y and Hoffmann DP. 1998. Luteolysis during two stages of the estrous cycle: subsequent endocrine profiles associated with radiotelemetrically detected estrus in Heifers. *J. Dairy Sci.*, 81:2897-2903.
- Trimberger GW. 1984. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *Nebr. Agr. Exp. Sta. Res. Bul.*, 153:3-25.
- Van Eerdenburg FJCM, Loeffler SH and Van Vliet JH. 1996. Detection of oestrus in dairy cows: A new approach to an old problem. *Vet. Q.*, 18:52-54.
- Walker WL, Nebel RL and McGilliard ML. 1996. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 79:1555-1561.
- Wiltbank M, Lopes H, Sartori R, Sangsritavong S and Gumen

- A. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65:17-29.
- Xu ZZ, McKnight DJ, Vishwanath R, Pitt CJ and Burton LJ. 1998. Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.*, 81:2890-2896.
- Yoshida C and Nakao T. 2005 Some characteristics of primary and secondary oestrous signs in high-producing dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.*, 40:150-155.
- 손준규, 박수봉, 박성재, 백광수, 안병석, 김현섭, 황석주, 주종철, 박춘근. 2007. 젖소의 다양한 발정행동 징후와 배란시간과의 관계. *한국수정란이식학회지*, 22:9-13.

---

(접수일: 2007. 9. 8 / 채택일: 2007. 9. 19)